

D3

AK

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

2 375 334

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 77 38888**

(54)

Procédé de revêtement métallique par immersion à chaud d'une bande ou tôle d'acier.

(51)

Classification internationale (Int. Cl.<sup>2</sup>). C 23 C 1/00, 1/02, 1/08.

(22)

Date de dépôt ..... 22 décembre 1977, à 16 h 5 mn.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *Demandes de brevets déposées aux Etats-Unis d'Amérique  
le 23 décembre 1976, n. 753.622 et n. 753.623 aux noms de Jerry Lee Arnold,  
Frank Curtiss Dunbar, Alan Francis Gibson et Marvin Brill Pierson.*

(41)

Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — «Listes» n. 29 du 21-7-1978.

(71)

Déposant : Société dite : ARMCO STEEL CORPORATION, résidant aux Etats-Unis  
d'Amérique.

(72)

Invention de :

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Harlé et Léchopiez.

La présente invention concerne un procédé de revêtement métallique par immersion à chaud d'une bande ou d'une tôle d'acier et elle concerne plus particulièrement un procédé de traitement préliminaire des surfaces de la bande ou tôle pour produire initia-

5 lement un film d'oxyde de fer ou un film riche en soufre et en oxygène, pour maintenir ce film au cours d'un chauffage ultérieur et pour réduire le film en cours de refroidissement et avant immersion de la bande ou tôle dans un bain de métal de revêtement en fusion. L'invention est applicable au revêtement d'aciers au carbone, d'a-

10 ciers effervescent à bas carbone, d'aciers calmés à l'aluminium à bas carbone et d'aciers faiblement alliés par revêtement de métaux en fusion tels que du zinc, des alliages de zinc, de l'aluminium, des alliages d'aluminium et des alliages de plomb-étain. Des aciers faiblement alliés qui peuvent être traités par le pro-

15 cédé selon l'invention contiennent jusqu'à environ 3 % d'aluminium, jusqu'à environ 1 % de titane, jusqu'à environ 2 % de silicium ou bien jusqu'à environ 5 % de chrome, ou des mélanges desdites substances le reste de la composition correspondant à celle d'un acier au carbone, comme défini dans le document "Steel Products Manual,

20 Carbon sheet steel", page 7 (mai 1970) publié par American Iron and Steel Institute. Des aciers calmés à l'aluminium sont constitués typiquement par de l'acier à bas carbone comme mentionné ci-dessus contenant environ 0,03 à 0,06 % d'aluminium soluble dans un acide.

Pour le revêtement métallique par immersion à chaud sans

25 flux d'une bande ou tôle d'acier, il est nécessaire de soumettre les surfaces à un traitement préliminaire en vue de former une surface propre qui est exempte de calamine à base d'oxyde de fer et d'autres agents de contamination superficiels et qui est facilement mouillable par le métal de revêtement en fusion en vue d'obte-

30 nir une bonne adhérence. On utilise couramment deux types de traitements préliminaires de recuit en ligne dont l'un est appelé le procédé Sendzimir qui est un procédé d'oxydation-réduction (décrit dans les brevets US 2 100 893 et 2 197 622) et l'autre est appelé le procédé Selas (décrit dans le brevet US 3 320 085).

35 Dans le procédé Sendzimir, une bande ou tôle d'acier est chauffée dans un four d'oxydation (qui peut être un four à chauffe directe) jusqu'à une température d'environ 370-485°C sans contrôle d'atmosphère, elle est sortie à l'air pour former une couche contrôlée d'oxyde superficiel dont la couleur varie du jaune clair

au pourpre ou même au bleu, puis l'acier est introduit dans un four de réduction contenant une atmosphère d'hydrogène ou d'azote et où la matière est chauffée jusqu'à environ 735-925°C de manière à réduire complètement la couche d'oxyde. On fait ensuite passer

5 la matière dans une zone de refroidissement contenant une atmosphère d'hydrogène et d'azote, on la porte approximativement à la température du bain de métal de revêtement en fusion puis on la fait ensuite passer en dessous de la surface du bain en conservant l'entourage par l'atmosphère protectrice.

10 Dans le procédé Selas, une bande ou tôle d'acier passe dans un premier four de préchauffage à chauffe directe, elle est chauffée à une température d'environ 1315°C par combustion directe de combustible et d'air en vue de former les produits gazeux de combustion contenant au moins environ 3 % de substances combusti-

15 bles sous la forme d'oxyde de carbone et d'hydrogène, la bande ou tôle atteignant une température d'environ 425-705°C et sa surface étant maintenue brillante et complètement exempte d'oxydation. On fait ensuite passer la bande ou tôle dans une zone réductrice qui est reliée de façon étanche à la zone de préchauffage et qui con-

20 tient une atmosphère d'hydrogène et d'azote de manière que la matière puisse être chauffée davantage par des tubes rayonnants jusqu'à environ 425-925°C et/ou refroidie approximativement jusqu'à la température du bain de métal de revêtement en fusion. On fait ensuite passer la bande ou tôle en dessous de la surface du bain

25 tout en conservant l'entourage par l'atmosphère protectrice. Dans le procédé, on peut éventuellement prévoir une phase consistant à maintenir la bande ou tôle à une température sélectionnée dans une atmosphère réductrice après qu'elle a atteint la température maximale dans la zone à tubes rayonnants.

30 Le brevet US 3 936 543 décrit un perfectionnement du procédé Selas qui permet d'obtenir un meilleur rendement de combustion et une plus grande productivité, la bande ou tôle de matière étant chauffée à environ 540-705°C dans un four de préchauffage à chauffe directe porté à au moins 1205°C et contenant des produits ga-

35 zaux de combustion ayant une teneur comprise entre environ 3 % en volume d'oxygène et 2 % en volume d'excès de substances combustibles sous la forme d'oxyde de carbone et d'hydrogène, puis on effectue une chauffe dans une zone de réduction contenant au moins environ 5 % en volume d'hydrogène à une température d'au moins

40 environ 675°C. De préférence l'atmosphère du four de préchauffage

contient 0 % d'oxygène et 0 % d'excès de substances combustibles, c'est-à-dire qu'elle correspond à une combustion parfaite.

Dans tous les procédés connus de traitement préliminaire de surfaces d'une bande ou tôle d'acier qui sont exposées à des atmosphères existant dans des fours à chauffe directe, on a considéré que l'existence de quantité de soufre, même faible, dans l'atmosphère avait un effet fortement perturbateur. En conséquence, on a prescrit d'utiliser dans de tels fours un combustible pratiquement exempt de soufre tel que du gaz naturel. Cependant la raréfaction du gaz naturel nécessite de faire intervenir d'autres sources de combustible. Dans une usine métallurgique comportant des fours à coke, l'utilisation de gaz de four à coke comme source de combustible correspond à un choix évident mais il faut tenir compte du fait que du gaz de four à coke brut contient ordinairement de 6 à 12 g par mètre cube de gaz, le soufre se trouvant essentiellement sous forme de sulfure d'hydrogène mélangé à une petite quantité de composés soufrés organiques. Bien qu'on puisse aisément épurer le gaz jusqu'à une teneur en soufre d'environ 1,5 à 2 g/m<sup>3</sup>, et même, plus récemment, jusqu'à une teneur d'environ 0,5 à 0,8 g/m<sup>3</sup>, on a considéré d'une façon générale que des procédés de traitement préliminaire faisant intervenir une exposition de surface de bande d'acier à des atmosphères contenant des produits de combustion ne pouvaient absolument pas tolérer les teneurs en soufre, même basses, du gaz de four à coke épuré. En conséquence, la raréfaction des sources de gaz naturel se traduit par une fermeture des installations de revêtement qui sont équipées de fours à chauffe directe pour le traitement préliminaire de bandes et tôles d'acier.

Selon l'invention, on peut utiliser du gaz de four à coke contenant du soufre comme combustible dans des fours à chauffe directe pour le traitement préliminaire des surfaces de bande et tôle d'acier et il est possible d'obtenir de fortes augmentations de rendement énergétique et/ou de productivité à la fois dans les procédés Sendzimir et Selas (modifiés par le brevet US précité 3 936 543) en augmentant la capacité d'absorption d'énergie rayonnante de bande ou tôle d'acier. On augmente cette capacité d'absorption en formant un film ou couche visible d'oxyde de fer ou bien une couche d'oxysulfure riche en soufre et en oxygène sur les surfaces des bandes ou tôles d'acier dans le four initial (ou de

préchauffage) à chauffe directe et en conservant ce film dans les zones de chauffage suivantes.

On a trouvé qu'un film riche en soufre et en oxygène, qui est mince et uniforme, peut être commodément formé sur les surfaces de la tôle ou bande et que ce film peut être aisément réduit dans une zone de refroidissement suivante en vue de produire une surface ferreuse fraîche qui est facilement mouillée par le métal de revêtement en fusion en vue d'obtenir une excellente adhérence après solidification du revêtement.

En conséquence, l'invention concerne un procédé de préparation des surfaces d'une bande ou tôle d'acier en vue d'un revêtement par immersion à chaud sans flux avec un métal en fusion, ce procédé consistant à faire passer la bande ou tôle dans une première zone de chauffage, à poursuivre le chauffage de la bande ou tôle dans une autre zone de chauffage et à refroidir la bande ou tôle dans une zone de refroidissement approximativement à la température du métal de revêtement en fusion en opérant dans une atmosphère protectrice, le procédé étant caractérisé en ce qu'on augmente la capacité d'absorption d'énergie rayonnante de la bande ou tôle dans lesdites zones de chauffage par formation d'une couche visible contenant de l'oxyde de fer dans la première zone de chauffage et par préservation de cette couche dans l'autre zone de chauffage.

L'expression "couche contenant de l'oxyde de fer" doit être considérée comme se rapportant soit à une couche visible d'oxyde de fer dont la couleur varie du jaune foncé au bleu, soit à une couche visible d'oxysulfure de fer qui est riche en soufre et en oxygène et dont la composition chimique précise n'a pas été déterminée.

La température à laquelle la bande ou tôle est chauffée dans les zones successives de chauffage n'est pas critique à condition d'éviter la formation d'une couche épaisse de calamine contenant de l'oxyde ou bien du soufre et de l'oxygène. En général, les températures peuvent être les mêmes que celles utilisées dans la pratique courante, par exemple pour le procédé Sendzimir une plage de températures comprises entre environ 370 et 485°C dans le four d'oxydation et entre environ 735 et 925°C dans la seconde zone de chauffage; et pour le procédé Selas perfectionné, une plage de températures comprises entre environ 540 et 705°C dans la zone de préchauffage à chauffe directe et entre au moins 675 et 925°C environ dans la zone de chauffage à tubes rayonnants. La bande ou

tôle peut être maintenue à une température sélectionnée après passage dans la zone à tubes rayonnants pendant une courte période (en vue d'améliorer l'aptitude au formage ou en vue de modifier les propriétés mécaniques) et l'atmosphère contenue dans la zone de maintien est de préférence réductrice mais elle peut contenir moins de 5 % d'hydrogène.

Du fait de la coloration foncée de la couche riche en soufre et en oxygène, la capacité d'absorption de chaleur de la bande ou tôle est fortement augmentée, ce qui diminue le temps de séjour dans les zones de chauffage si les températures du four à tubes rayonnants sont maintenues à des niveaux classiques. Il en résulte par conséquent une augmentation de la productivité. En variante, on pourrait réduire légèrement les températures dans le four à tubes rayonnants de manière à maintenir ainsi la même productivité avec réduction des impératifs concernant le combustible. Il est évident qu'on peut également adopter un compromis entre une augmentation de la productivité et une réduction des impératifs concernant le combustible.

Une caractéristique essentielle du procédé selon l'invention consiste en ce que la seconde zone de chauffage est pourvue d'une atmosphère contenant moins de 5 % d'hydrogène en volume et pratiquement isolée des atmosphères des autres zones. On utilise un gaz inerte pour la couche riche en soufre et en oxygène, de préférence de l'azote.

Les temps de séjour dans les différentes zones sont variables et sont fonction de l'épaisseur et de la vitesse de la bande et de facteurs correspondants. La température à laquelle la bande ou tôle est portée dans chaque zone est enregistrée dans ou à proximité de la sortie de cette zone de sorte qu'on ne fait pratiquement pas intervenir de temps de maintien en température, comme cela est courant dans des procédés de recuit continu.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention seront mis en évidence dans la suite de la description, donnée à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la fig. 1 représente schématiquement une ligne Sendzimir modifiée pour la mise en oeuvre de la présente invention; et

la fig. 2 représente schématiquement une ligne Selas modifiée pour la mise en oeuvre de la présente invention.

Sur la fig. 1, une bande d'acier à traiter a été désignée par 10, le sens d'avancement étant matérialisé par des flèches. On a représenté en 12 un four d'oxydation qui est chauffé à une température par exemple d'environ 870°C par combustion de gaz de four à coke épuré. Une seconde zone de chauffage, qui peut être constituée par un four à tubes rayonnants, a été indiquée en 14. Une entrée d'azote dans la seconde zone de chauffage a été indiquée en 16. Il est prévu des chicanes 18 entre la zone de chauffage 14 et la zone de refroidissement 20 de manière à isoler les atmosphères existant dans chaque zone l'une de l'autre. On a désigné par 22 une entrée d'hydrogène dans la zone de refroidissement 20 et par 24 une cheminée d'évacuation d'hydrogène. Un conduit protecteur 26 s'étend vers le bas en dessous de la surface du bain de métal de revêtement 28 de manière à entourer la bande 10 lorsqu'elle est entraînée en dessous de la surface du bain, cette bande passant autour d'un rouleau de renvoi 30 et étant sortie verticalement du bain. On peut utiliser un dispositif de finition classique (non représenté) pour assurer le dosage et la solidification du revêtement métallique.

Puisque le four d'oxydation 12 et la zone de chauffage 14 sont séparés et que la bande chauffée 10 est exposée à l'atmosphère se trouvant entre ces parties, il est évident que les atmosphères desdites parties sont isolées l'une de l'autre.

Sur la fig. 2, on a représenté en 32 un four de préchauffage à chauffe directe qui est porté à une température d'environ 1205°C par combustion directe de gaz de four à coke épuré et d'air la bande 10 étant la même que sur la fig. 1. Une autre zone de chauffage, qui est de préférence constituée par un four à tubes rayonnants, a été indiquée en 34, des chicanes 36, 36a étant prévues entre le four de préchauffage 32 et le four à tubes rayonnants 34 de manière à les isoler l'un de l'autre. On a désigné par 38 une entrée d'azote dans le four 34, une chicane 42 étant prévue entre la zone de refroidissement 40 et le four à tubes rayonnants 34. On a désigné par 44 une entrée d'hydrogène ou de mélange hydrogène-azote dans la zone de refroidissement 40. Le conduit protecteur 26, le bain de métal de revêtement 28 et le rouleau de renvoi 30 sont les mêmes que décrits ci-dessus en référence à la fig. 1.

Dans une variante, l'isolation de l'atmosphère du four à tubes rayonnants 34 par rapport à l'atmosphère du four de pré-

chauffage 32 et par rapport à la zone de refroidissement 40 peut être effectuée en faisant pénétrer un débit suffisamment grand d'azote par l'intermédiaire de l'entrée 38 dans le four 32 en vue d'empêcher une pénétration d'hydrogène dans le four 34 en provenance de la zone 40 et d'éliminer ainsi la nécessité des chicanes 36, 36a et 42.

Les autres éléments représentés sur les figs 1 et 2 sont classiques et ne nécessitent aucune description puisque leurs fonctions sont bien connues des spécialistes.

Bien qu'il soit préférable du point de vue de la rentabilité de faire fonctionner le four de préchauffage dans des conditions de combustion parfaite (0 % d'excès de substances combustibles et 0 % d'oxygène), il rentre dans le cadre de la présente invention d'opérer avec une atmosphère pouvant contenir entre environ 2 % en volume d'oxygène libre et 2 % en volume d'excès de substances combustibles sous la forme d'oxyde de carbone et d'hydrogène.

De préférence l'atmosphère de la zone de refroidissement est constituée par un mélange contenant environ 20 à 40 % en volume d'hydrogène et le complément d'azote; on considère comme essentielle une teneur minimale d'hydrogène de 10 % en volume.

Lorsqu'on effectue un cycle de recuit, la bande ou tôle est portée à une température d'environ 427 à 705°C dans la zone de préchauffage et à une température maximale d'environ 788°C dans la zone de chauffage à tubes rayonnants. Lorsqu'on utilise un cycle de durcissement intégral, la bande ou tôle est portée à une température maximale d'environ 565°C dans la zone de préchauffage et à une température maximale d'environ 538°C dans la zone à tubes rayonnants. Dans le cycle de durcissement intégral, la teneur en hydrogène dans la zone de refroidissement est de préférence augmentée jusqu'à environ 40 % en volume.

La quantité de soufre présent dans le gaz de four à coke et dans l'atmosphère du four de préchauffage s'est avérée avoir peu d'influence sur la nature du film riche en soufre et en oxygène qui est formé sur les surfaces des bandes ou tôles et elle peut varier entre environ 0,1 et 36 g/m<sup>3</sup> dans le gaz de four à coke (environ 0,007 à 2,6 % en volume de sulfure d'hydrogène dans des conditions normalisées de température et de pression). De même, des variations de la teneur en soufre ont peu d'influence sur l'adhérence du métal de revêtement, excepté lors de l'application d'un cycle de durcissement intégral où la température maximale de



bande est d'environ de 565°C. Dans ces conditions, une augmentation de la teneur en hydrogène dans la zone de refroidissement jusqu'à environ 40 % en volume se traduit par une amélioration de l'adhérence du revêtement, comme indiqué ci-dessus.

5 Le procédé selon l'invention est applicable à tout type de métal de revêtement, notamment, sans que cette énumération soit limitative, à l'aluminium, aux alliages d'aluminium, au zinc, aux alliages de zinc et aux alliages plomb-étain.

Comme indiqué ci-dessus, l'invention est utilisable pour  
10 revêtir tout type de bande et tôle d'acier dans des épaisseurs généralement utilisées pour un revêtement métallique par immersion à chaud, notamment de l'acier au carbone, de l'acier effervescent à bas carbone, de l'acier calmé à l'aluminium à bas carbone, des aciers traités au columbium et/ou au titane à bas carbone et des  
15 aciers faiblement alliés du type défini dans le brevet US 3 905 780. Des aciers faiblement alliés de ce type, contenant des éléments d'alliage plus facilement oxydables que le fer en quantité supérieure à une teneur critique, ne pouvaient être auparavant préparés de façon satisfaisante pour un revêtement par immersion à chaud  
20 qu'en utilisant un procédé revendiqué dans le brevet US 3 025 579, qui consistait à soumettre l'acier à des conditions de forte oxydation dans la phase initiale de chauffage. Puisque le film riche en soufre et en oxygène intervenant dans le procédé selon l'invention est formé plus aisément qu'un film d'oxyde, l'invention présente l'avantage que l'acier n'a pas à être soumis à des condi-  
25 tions d'oxydation aussi fortes que dans le brevet US précité, pour des aciers contenant des éléments d'alliage en quantités supérieures à la teneur critique, comme défini dans ledit brevet.

Bien que cela n'ait pas été indiqué sur le dessin, on peut  
30 prévoir une zone de maintien entre la zone à tubes rayonnants 14 et la zone de refroidissement 20 de la fig. 1 ou bien entre la zone à tubes rayonnants 34 et la zone de refroidissement 40 de la fig. 2. Comme indiqué ci-dessus, certaines installations comportent une telle zone de maintien pour maintenir la bande ou tôle  
35 à une certaine température prédéterminée, après avoir atteint la température de crête dans la zone à tubes rayonnants, en vue d'améliorer l'aptitude au formage ou les propriétés mécaniques générales de la bande ou tôle. Cela est considéré comme rentrant dans le cadre de la présente invention et une telle zone de maintien  
40 est de préférence alimentée avec une atmosphère contenant au moins

10 % en volume d'hydrogène, bien que l'atmosphère puisse être non réductrice pour conserver le film riche en oxygène et en soufre jusqu'à ce que le métal atteigne la zone de refroidissement.

Comme cela est courant dans des installations de recuit continu, la température à laquelle la bande ou tôle est portée dans chaque zone est obtenue dans ou à proximité de la sortie de cette zone de sorte qu'il n'existe pratiquement aucun intervalle de maintien en température. Les temps de séjour dans les différentes zones sont variables et sont fonction de l'épaisseur de la bande, de la capacité d'absorption de chaleur et de facteurs correspondants. Selon l'invention, une couche d'oxyde est maintenue sur les surfaces de la bande ou tôle jusqu'à ce que la température maximale soit atteinte, ce qui se produit habituellement dans ou à proximité de la sortie de la seconde zone de chauffage ou four à tubes rayonnants.

On a effectué dans une ligne de production du type Selas des essais en utilisant du gaz naturel comme combustible en vue de comparer le procédé classique avec le procédé selon l'invention. Le procédé classique consiste à maintenir 3 % en volume d'excès de substances combustibles dans l'atmosphère du four de préchauffage (qui comporte cinq zones de chauffage) et une atmosphère contenant 5 % d'hydrogène et 95 % d'azote dans la zone de chauffage à tubes rayonnants et dans la zone de refroidissement. En opérant conformément au procédé selon l'invention, c'est-à-dire de manière à obtenir une combustion presque parfaite dans les quatre premières zones du four de préchauffage (0 % d'excès de substances combustibles et 0 % d'oxygène), 1,5 % d'oxygène dans la cinquième zone ou zone finale du four de préchauffage, moins de 5 % d'oxygène dans la zone de chauffage à tubes rayonnants et 25 % d'hydrogène - 75 % d'azote en volume dans la zone de refroidissement, on constate que le rendement de production est augmenté de 10 à 20 % par comparaison au procédé classique. Dans cet essai, on a effectué un enlèvement complet de la couche d'oxyde dans la zone de refroidissement.

D'autres essais ont été effectués sur des bandes d'acier effervescent à bas carbone et d'acier calmé à l'aluminium, d'épaisseurs comprises entre 1,4 et 2,5 mm. Dans le four de préchauffage, des conceptions opératoires classiques ont été initialement établies de la manière suivante: dans la zone 1, on a enregistré 0,7% (en volume) d'excès de substances combustibles; dans la zone 2,

0,4 % d'excès de substances combustibles; dans la zone 3, 0,6 % d'excès de substances combustibles; dans la zone 4, 0,2 % d'oxygène libre et dans la zone 5, 0,3 % de substances combustibles. La bande a présenté une couleur jaune clair à la sortie de la zone 5, ce qui indique l'existence d'un film d'oxyde extrêmement mince, c'est-à-dire d'une épaisseur inférieure à  $2,5 \times 10^{-5}$  cm.

Au lieu d'introduire dans le four à tubes rayonnants un mélange d'azote-hydrogène de type classique, on a fait arriver de l'azote pur et on a réglé la zone 5 du four de préchauffage de façon à avoir 1,3 % d'excès d'oxygène conformément au procédé selon l'invention. La bande sortant du four de préchauffage a présenté alors une couleur brillante allant du pourpre au bleu, ce qui indique ainsi l'existence d'une couche d'oxyde d'une épaisseur de l'ordre de  $2,5 \times 10^{-5}$  cm. Avec ce changement de conditions, la température du four à tubes rayonnants a commencé à baisser (bien que le régime de chauffe soit maintenu à 100 %) en indiquant ainsi une plus grande transmission de chaleur à la bande du fait de l'augmentation de la capacité d'absorption d'énergie rayonnante.

On a constaté que la bande sortant du four à tubes rayonnants était oxydée et avait une température comprise entre 732 et 770°C, en fonction de l'épaisseur et de la vitesse de bande.

On a introduit dans la zone de refroidissement un mélange contenant 30 % d'hydrogène et 70 % d'azote et on a effectué la réduction de la couche d'oxyde dans la zone de refroidissement.

On a porté la vitesse d'entraînement de la bande à 110 % de la vitesse nominale du fait de la plus grande température de bande dans la zone de chauffage à tubes rayonnants.

On a terminé les essais en revenant au procédé classique et on a observé que la température dans le four à tubes rayonnants augmentait et que la température de bande diminuait, l'allure de chauffe étant maintenue constante et égale à 100 %.

Les essais décrits ci-dessus montrent qu'un contrôle étroit des zones initiales de chauffage dans le four de préchauffage n'est pas essentiel à condition qu'une atmosphère oxydante (contenant entre 0 et 2 % d'oxygène libre) soit maintenue dans la zone finale ou dans les deux zones finales. On peut par conséquent faire fonctionner les zones initiales dans une condition de combustion parfaite ou bien jusqu'à environ 1 % en volume d'excès de substances combustibles. Dans les revendications ci-jointes, l'expression "essentiellement pas d'excès de substances combustibles

et entre 0 et 2 % en volume d'oxygène libre" est destinée à couvrir ce mode opératoire (c'est-à-dire jusqu'à 1 % d'excès de substances combustibles dans les zones initiales de chauffage mais non dans la zone finale).

### REVENDEICATIONS

1. Procédé de préparation des surfaces d'une bande ou tôle d'acier en vue d'un revêtement par immersion à chaud sans flux avec du métal en fusion, consistant à faire passer la bande ou tôle dans une première zone de chauffage, à poursuivre le chauffage de la bande ou tôle dans une autre zone de chauffage et à refroidir la bande ou tôle dans une zone de refroidissement approximativement jusqu'à la température du métal de revêtement en fusion dans une atmosphère protectrice, caractérisé en ce qu'on augmente la capacité d'absorption d'énergie rayonnante de la bande ou tôle dans les zones de chauffage par formation d'une couche visible contenant de l'oxyde de fer dans la première zone de chauffage et par préservation de cette couche dans l'autre zone de chauffage.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la phase de réduction de la couche contenant de l'oxyde s'effectue complètement dans la zone de refroidissement dans une atmosphère contenant au moins 10 % en volume d'hydrogène.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on forme une couche visible d'oxysulfure de fer, riche en soufre et en oxygène, sur les surfaces de la bande ou tôle dans ladite première zone de chauffage.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la première zone de chauffage contient une atmosphère de produits gazeux de combustion comprenant jusqu'à 2 % en volume d'oxygène libre et de 0 à 36 g de soufre par mètre cube, en ce que la seconde zone de chauffage est isolée de la première et contient une atmosphère comprenant moins de 5 % en volume d'hydrogène et en ce que la zone de refroidissement est isolée des zones de chauffage.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la première zone de chauffage est chauffée par combustion directe de combustible et d'air à une température d'au moins 1205 °C et contient une atmosphère de produits gazeux de combustion comprenant essentiellement aucun excès de substances combustibles et entre 0 et 2 % en volume d'oxygène libre et en ce qu'une couche visible d'oxyde de fer est formée sur les surfaces du métal brut dans une gamme de couleurs allant du jaune foncé au bleu.
6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la première zone de chauffage est chauffée par combustion directe

d'un combustible gazeux contenant du soufre et de l'air jusqu'à une température d'au moins 1205°C et en ce que l'atmosphère de cette zone contient entre environ 2 % en volume d'oxygène libre et environ 2 % en volume d'excès de substances combustibles sous la forme d'oxyde de carbone et d'hydrogène, et entre 0,1 et 36 g de soufre par mètre cube, en produisant ainsi la formation d'une couche visible riche en oxygène et en soufre sur les surfaces de la bande ou tôle.

7. Procédé selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que la bande ou tôle est chauffée à une température comprise entre 540 et 705°C dans la première zone de chauffage et à une température comprise entre 675 et 925°C dans la seconde zone de chauffage.

8. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la première zone de chauffage est chauffée à une température d'environ 870°C sans contrôle d'atmosphère par combustion directe d'un combustible gazeux avec de l'air et en ce que la bande ou tôle passe de la première zone de chauffage dans l'atmosphère extérieure avant de pénétrer dans la seconde zone de chauffage.

9. Procédé selon l'une des revendications 6 ou 8, caractérisé en ce que le combustible est du gaz de four à coke contenant du soufre.

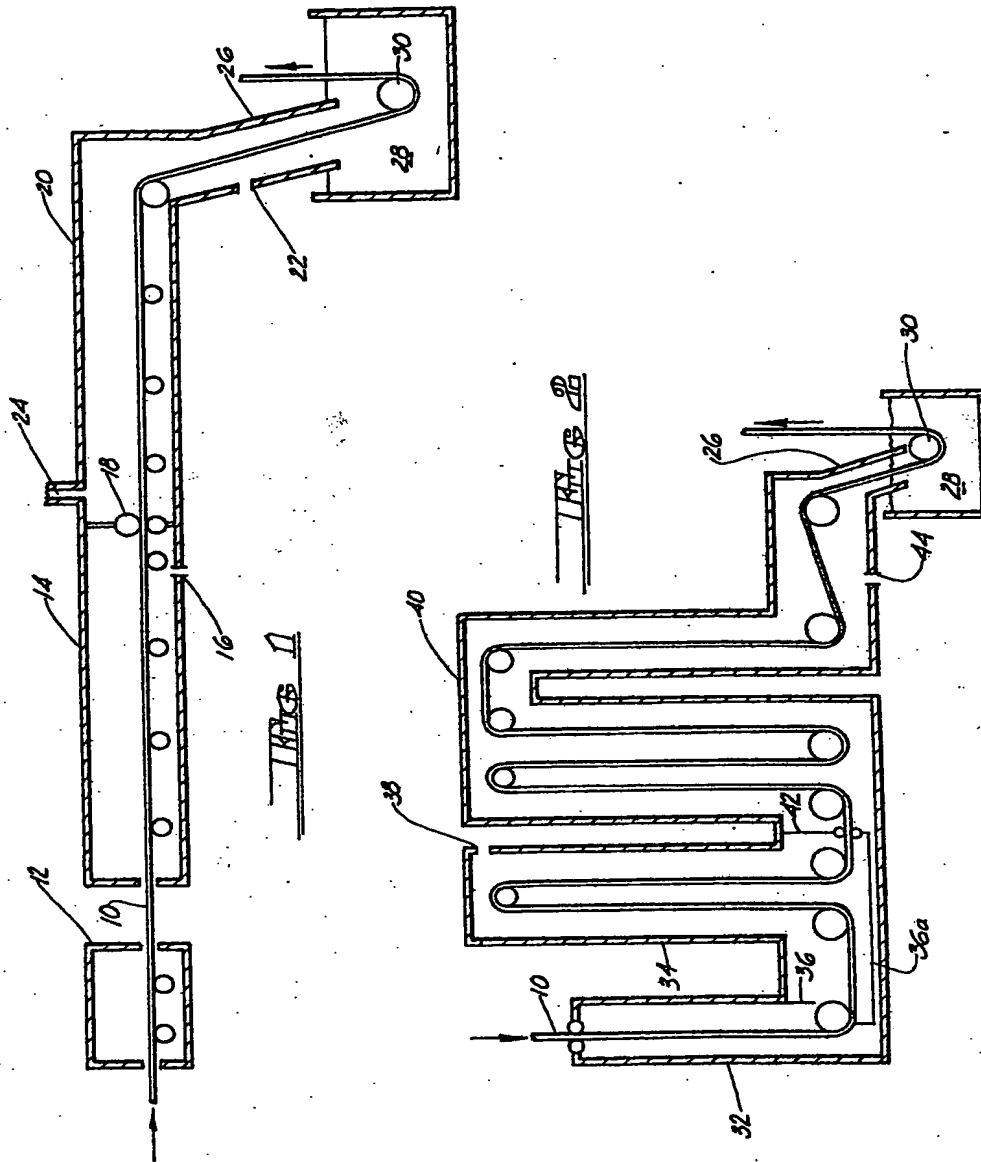
10. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que la bande ou tôle est chauffée à une température de 370 à 485°C dans la première zone de chauffage et à une température de 735 à 925°C dans la seconde zone de chauffage.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que la seconde zone de chauffage est constituée par un four à tubes rayonnants.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il est prévu une phase supplémentaire de maintien de la bande ou tôle à une température prédéterminée dans une zone de contrôle située entre la seconde zone de chauffage et la zone de refroidissement, dans une atmosphère réductrice contenant au moins 10 % en volume d'hydrogène.

2375334

planche unique



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**